

· 临床研究 ·

## 机器人辅助椎弓钉固定强直性脊柱炎胸腰椎骨折<sup>△</sup>

林书, 唐六一\*, 胡 豉, 万 仑, 王 跃, 俞 阳, 周维俊

(四川省人民医院骨科, 四川成都 610072)

**摘要:** [目的] 分析机器人辅助椎弓钉固定治疗强直性脊柱炎胸腰椎骨折的临床效果。[方法] 回顾性分析 2016 年 1 月—2021 年 6 月收治的 15 例强直性脊柱炎胸腰椎骨折患者资料, 根据医患沟通结果, 8 例采用机器人辅助置钉, 7 例采用徒手置钉。比较两组围手术期情况和随访结果。[结果] 两组患者均顺利完成手术。机器人组置钉准确性、住院费用明显高于徒手组 ( $P<0.05$ ), 而术中透视次数和透视剂量明显低于徒手组 ( $P<0.05$ )。两组患者恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。随时间推移, 两组患者 VAS、ODI 评分均显著减少 ( $P<0.05$ ), 而 JOA 评分显著增加 ( $P<0.05$ )。相应时间点, 两组 VAS、ODI、JOA 评分的比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] 机器人辅助椎弓钉固定治疗 AS 胸腰椎骨折可提高置钉准确性高, 降低辐射伤害, 提高手术安全性。

**关键词:** 强直性脊柱炎, 胸腰椎骨折, 机器人, 椎弓钉固定, 准确性

**中图分类号:** R683.2      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1005-8478 (2023) 14-1334-04

**Robot-assisted pedicle screw fixation of thoracolumbar fracture in ankylosing spondylitis // LIN Shu, TANG Liu-yi, HU Jiang, WAN Lun, WANG Yue, YU Yang, ZHOU Wei-jun. Department of Orthopedics, People's Hospital of Sichuan Province, Chengdu 610072, China**

**Abstract:** [Objective] To evaluate the clinical results of robot-assisted pedicle screw fixation of thoracolumbar fracture of ankylosing spondylitis(AS). [Methods] A retrospective study was conducted on 15 patients who received surgical treatment for thoracolumbar fracture complicated with ankylosing spondylitis from January 2016 to June 2021. According to the doctor-patient communication, 8 patients received robot-assisted screw placement, while the remaining 7 patients were treated with freehand screw placement. The perioperative conditions and follow-up results were compared between the two groups. [Results] All the patients in both groups had operation completed successfully. The robot group proved significantly superior to the freehand group in term of accuracy of screw placement, whereas the former had significantly less intraoperative fluoroscopy and fluoroscopy dose, and significant greater hospitalization cost than the latter ( $P<0.05$ ). There was no significant difference between two groups in the time to resume full weight-bearing activity ( $P>0.05$ ). The VAS and ODI scores significantly decreased ( $P<0.05$ ), while JOA scores significantly increased in both groups over time ( $P<0.05$ ), which were not statistically significant between the two groups at any corresponding time points ( $P>0.05$ ). [Conclusion] Robot-assisted pedicle screw fixation of AS thoracolumbar fractures does improve the accuracy of screw insertion, reduce radiation injury, and improve the safety of surgery.

**Key words:** ankylosing spondylitis, thoracolumbar fracture, robot, pedicle screw fixation, accuracy

强直性脊柱炎 (ankylosing spondylitis, AS) 是一种进展性风湿类疾病, 起病隐匿。未经过系统性治疗的 AS 患者, 将逐渐出现脊柱小关节的侵蚀、融合, 脊柱畸形强直改变<sup>[1]</sup>。因此, AS 患者胸腰椎骨折的风险大大增加<sup>[2]</sup>, 经后路长节段内固定植骨融合术是治疗胸腰椎骨折合并 AS 的主要方式之一<sup>[3, 4]</sup>。但由于 AS 患者关节突关节结构的紊乱, 置钉偏移的风险大大增加, 在 Yang 等<sup>[5]</sup>报道的 3 例 AS 胸腰椎骨折

的手术病例中, 其中 1 例患者术后出现小便功能障碍可能与置钉偏移相关。目前骨科机器人辅助治疗常规胸腰椎骨折的临床疗效良好<sup>[6, 7]</sup>, 但尚无报道将其用于 AS 外科治疗中。本院自 2016 年 1 月始在强直性脊柱炎胸腰椎骨折患者中采用机器人辅助治疗, 现回顾分析采用机器人辅助治疗与徒手椎弓根钉固定胸腰椎骨折合并 AS 的病例资料, 比较二者临床效果和安全性。

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.14.20

<sup>△</sup>基金项目:四川省医学科学院·四川省人民医院院基金项目(编号:2021LY09)

作者简介:林书,主治医师,博士,研究方向:脊柱外科,(电话)18117902157,(电子信箱)linshu6650337@163.com

\*通信作者:唐六一,(电话)18981838527,(电子信箱)18981838527@189.cn

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

2016年1月—2021年6月，对AS无神经症状的胸腰椎骨折患者15例行手术治疗。术前影像检查明确损伤部位与程度(图1a~1c)。依据术前医患沟通结果，8例采用机器人辅助置钉，7例采用徒手置钉。两组性别、年龄、身体质量指数(body mass index, BMI)、骨密度T值比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。本研究经四川省人民医院医学伦理委员会批准，所有患者均知情同意。

### 1.2 手术方法

机器人组：常规全麻俯卧位，消毒铺巾。C形臂X线机定位手术节段，常规切开皮肤、皮下组织、深筋膜，直至椎板及关节突关节。在固定节段的上位椎体棘突处安装示踪器。在机械臂末端安装定位标尺于固定节段区域，C形臂X线机270°扫描需固定的节段。将数据传输到机器人工作站，进行置钉规划(图1d)。机械臂末端分别安装一级和二级套筒，套筒末端放置在关节突表面，使用电钻顺套筒置入导针(图1e)，顺导针攻丝，置入椎弓根钉。在伤椎节段行后路椎板切除减压，且在伤椎上下节段切除部分椎板潜行减压。选择合适长度的钛棒，稍预弯，适当复位加压后连接钛棒，安装螺帽，安装横连。予以横突间植骨融合。放置引流管逐层缝合切口。

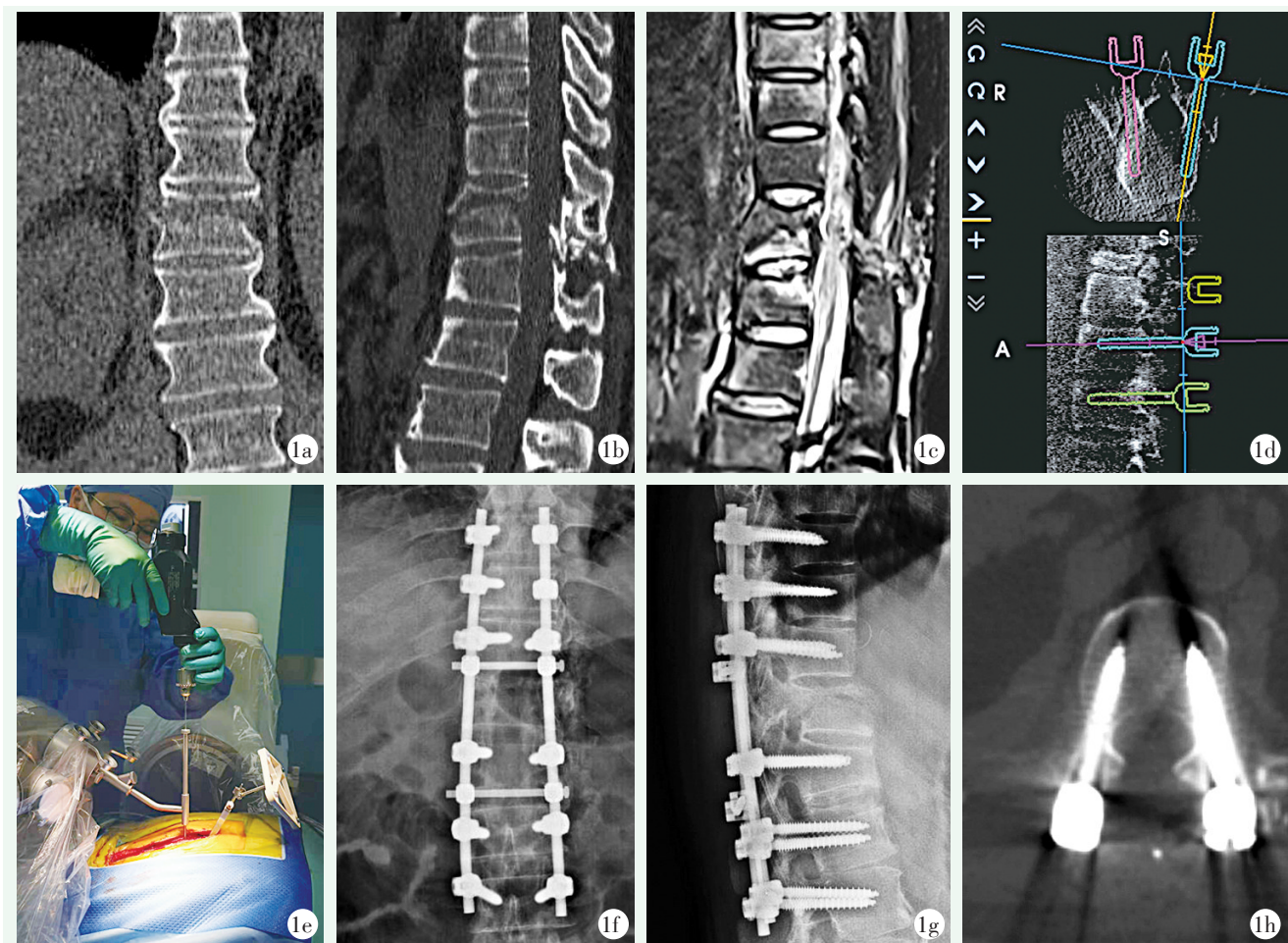


图1 患者，男，52岁。1a~1c: 术前CT冠状位、矢状位重建和MRI矢状位显示T<sub>11</sub>剪切样骨折，多椎节呈“竹节样”改变；1d: 术中机器人工作站进行置钉规划；1e: 术中机器人辅助下置入导针；1f, 1g: 术后正侧位X线片示骨折复位良好，内固定位置满意；1h: 术后CT观察螺钉位置，L<sub>1</sub>左右椎弓根钉均为A级。

徒手组：常规全麻俯卧位，消毒铺巾。透视定位后，逐层切开皮肤、皮下组织、深筋膜，直至椎板及关节突关节。显露伤椎及伤椎相邻上下各3个节段，根据椎弓根解剖位，分别开路、攻丝，在透视下调整

置钉方向，置入椎弓根螺钉。后续减压、复位等操作同机器人组。

### 1.3 评价指标

记录围手术期情况。采用恢复完全负重活动时间

(临床骨折愈合时间)、疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)、日本骨科协会评估治疗分数 (Japanese Orthopaedic Association Scores, JOA) 评价临床效果。复查胸腰椎 CT, 根据 Gertzbein-Robbins 分类标准<sup>[8]</sup>, 评估椎弓根螺钉置入准确性的情况。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示, 资料呈正态分布时, 两组间比较采用独立样本 *t* 检验, 时间点比较采用单因素方差分析; 资料呈非正态分布时, 采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-whitney *U* 检验。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 围手术期情况

两组患者均顺利完成手术。两组围手术期资料见表 1。两组手术时间、切口长度、术中失血、住院天数、切口愈合情况和下地行走时间比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。机器人组住院费用、置钉准确性显著高于徒手组 ( $P < 0.05$ ), 机器人组术中透视次数和透视剂量明显少于徒手组 ( $P < 0.05$ )。

机器人组无神经损伤情况, 徒手组 1 例患者由于螺钉进入椎管, 术后出现下肢疼痛, 3 个月后缓解。机器人组肺部感染和泌尿系统感染各 1 例, 徒手组肺部感染和切口感染各 1 例。两组早期并发症发生率无统计学差异 ( $P = 0.855$ )。

表 1 两组患者围手术期资料与比较

指标	机器人组 (n=8)	徒手组 (n=7)	P 值
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )	177.5 $\pm$ 16.7	187.1 $\pm$ 25.0	0.389
切口长度 (cm, $\bar{x} \pm s$ )	29.3 $\pm$ 2.2	28.1 $\pm$ 2.3	0.354
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )	417.5 $\pm$ 77.2	382.9 $\pm$ 70.6	0.384
置钉准确分级 (例, A/B/C/D/E)	81/10/5/0/0	50/18/8/7/1	<b>0.004</b>
术中透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )	12.1 $\pm$ 3.5	28.9 $\pm$ 9.5	<b>&lt;0.001</b>
透视剂量 (cGy cm <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	249.0 $\pm$ 58.2	335.7 $\pm$ 34.3	<b>0.004</b>
住院天数 (d, $\bar{x} \pm s$ )	17.1 $\pm$ 2.5	18.1 $\pm$ 6.4	0.683
住院费用 (万元, $\bar{x} \pm s$ )	10.3 $\pm$ 0.8	8.8 $\pm$ 0.6	<b>0.002</b>
切口愈合等级 (例, 甲/乙/丙)	8/0/0	6/1/0	0.945
下地行走时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )	7.3 $\pm$ 1.3	8.3 $\pm$ 2.4	0.301

### 2.2 随访结果

所有患者均获随访, 平均随访时间 (11.2 $\pm$ 1.1) 个月。两组均无再骨折及翻修情况。随访资料见表 2, 两组恢复完全负重活动时间的差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后随时间推移, 两组 VAS、ODI 评分均显著减少 ( $P < 0.05$ ), 而 JOA 评分显著增加 ( $P < 0.05$ )。相应时间点, 两组间 VAS、ODI、JOA 评分比较差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。典型病例见图 1。

表 2 两组患者随访结果 ( $\bar{x} \pm s$ ) 与比较

指标	机器人组 (n=8)	徒手组 (n=7)	P 值
完全负重活动时间 (d)	98.8 $\pm$ 11.2	101.6 $\pm$ 13.0	0.659
VAS 评分 (分)			
术前	6.3 $\pm$ 0.5	6.3 $\pm$ 1.7	0.983
术后 3 个月	1.6 $\pm$ 0.5	2.1 $\pm$ 0.9	0.134
末次随访	0.8 $\pm$ 0.8	0.7 $\pm$ 0.8	0.826
P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	
ODI 评分 (分)			
术前	63.8 $\pm$ 3.5	64.3 $\pm$ 4.5	0.800
术后 3 个月	25.8 $\pm$ 6.2	26.4 $\pm$ 2.4	0.792
末次随访	19.4 $\pm$ 4.2	21.4 $\pm$ 4.8	0.389
P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	
JOA (分)			
术前	8.1 $\pm$ 2.4	6.6 $\pm$ 2.9	0.271
术后 3 个月	17.6 $\pm$ 2.0	17.0 $\pm$ 2.1	0.563
末次随访	19.0 $\pm$ 2.3	18.9 $\pm$ 1.3	0.887
P 值	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	

## 3 讨论

目前经美国 FDA 批准的脊柱机器人系统包括 Mazor 机器人、ROSA 机器人和 Excelsius GPS 机器人。其中 Mazor 机器人在脊柱手术中使用最为广泛, 包括了第一代 SpineAssist 系统、第二代 Renaissance 系统以及最新第三代 Mazor X<sup>[9]</sup>。天玑骨科机器人是由北京积水潭医院和北京天智航公司合作研发, 是国内唯一自主研发, 能够开展四肢、骨盆和全脊柱节段的骨科手术机器人。目前已有相关研究证实, 天玑骨科机器人辅助治疗在胸腰椎骨折、腰椎退行性疾病、老年骨质疏松压缩性骨折中定位准确, 安全性良好<sup>[6, 7, 10, 11]</sup>。

未经系统治疗的 AS 患者, 关节突关节结构紊乱, 脊柱僵直改变, 准确的入钉点难以确定, 徒手置钉损伤神经或血管的风险较高<sup>[5]</sup>, 目前尚无天玑骨科



机器人在 AS 置钉的临床应用报道。本研究中，机器人组置入机器人组置钉准确性显著高于徒手组。

手术的辐射伤害可能导致医患增加潜在的患癌风险<sup>[12, 13]</sup>。AS 关节突关节结构紊乱，入钉点难以寻找，徒手置钉过程中需要反复透视后确定椎弓根开路方向是否正确。如果出现椎弓根内壁或外壁的破损，常常需要耗费大量透视时间进行调整。由于此类手术时间较长，医生一般不会穿戴铅衣，徒手操作时，C形臂 X 线机需要反复透视，手术间人员每次需要全部离开手术间，术者反复进出手术室更加延长手术时间。虽然目前关于骨科机器人辅助治疗腰椎退变性疾病是否能减少辐射伤害方面仍具有争议<sup>[14, 15]</sup>。但 AS 胸腰椎骨折手术本身需要固定的节段长，置钉技术要求高，术中透视量需求较大，因此机器人辅助在本研究中凸显了能减少辐射伤害的优势。

综上所述，机器人辅助椎弓钉固定治疗 AS 胸腰椎骨折可提高置钉准确性高，降低辐射伤害，提高手术安全性。

#### 参考文献

- [1] 韩森东, 余智, 吴小涛. 强直性脊柱炎骨折的危险因素 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (14): 1282-1285.
- [2] He A, Dong X, Cai X, et al. One-stage surgical treatment of cervical spine fracture-dislocation in patients with ankylosing spondylitis via the combined anterior-posterior approach [J]. *Medicine*, 2017, 96 (27): 7432-7438.
- [3] Westerveld LA, Verlaan JJ, Oner FC. Spinal fractures in patients with ankylosing spinal disorders: a systematic review of the literature on treatment, neurological status and complications [J]. *Eur Spine J*, 2009, 18 (2): 145-156.
- [4] 马超, 王伟, 高贵营, 等. 后路长节段椎弓根钉内固定治疗强直性脊柱炎并胸腰段脊柱骨折的效果观察 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2018, 33 (9): 954-956.
- [5] Yang M, Gu HY, Zhong HC, et al. The surgical treatment strategies for thoracolumbar spine fractures with ankylosing spondylitis: a case report [J]. *BMC Surg*, 2019, 19 (1): 99.
- [6] 林书, 胡珏, 万仑, 等. 机器人与透视辅助经皮椎弓根螺钉置入的比较 [J]. 中国矫形外科杂志, 2020, 28 (20): 1830-1834.
- [7] 林书, 胡珏, 万仑, 等. 机器人辅助下经皮微创椎弓根螺钉内固定与传统开放内固定治疗胸腰椎骨折的短期疗效比较 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2020, 34 (1): 76-82.
- [8] Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1990, 15 (1): 11-14.
- [9] Huang M, Tetreault TA, Vaishnav A, et al. The current state of navigation in robotic spine surgery [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9 (1): 86.
- [10] 张治, 董岩, 郭松, 等. 天玑骨科机器人辅助经皮椎体成形术 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (9): 835-838.
- [11] Zhang Q, Xu YF, Tian W, et al. Comparison of superior-level facet joint violations between robot-assisted percutaneous pedicle screw placement and conventional open fluoroscopic-guided pedicle screw placement [J]. *Orthop Surg*, 2019, 11 (5): 850-856.
- [12] Mechlenburg I, Daugaard H, Søballe K. Radiation exposure to the orthopaedic surgeon during periacetabular osteotomy [J]. *Int Orthop*, 2009, 33 (6): 1747-1751.
- [13] Chiang HW, Liu YL, Chen TR, et al. Scattered radiation doses absorbed by technicians at different distances from X-ray exposure: experiments on prosthesis [J]. *Biomed Mater Eng*, 2015, 26 (suppl 1): S1641-S1650.
- [14] Han X, Tian W, Liu Y, et al. Safety and accuracy of robot-assisted versus fluoroscopy-assisted pedicle screw insertion in thoracolumbar spinal surgery: a prospective randomized controlled trial [J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 30 (5): 615-622.
- [15] 林书, 胡珏, 万仑, 等. “天玑”机器人辅助下经皮椎弓根螺钉植钉安全性评价 [J]. 中国修复重建外科杂志, 2021, 35 (7): 813-817.

(收稿:2022-05-05 修回:2022-09-02)

(同行评议专家: 陈 锋 孙永生 杨 曦 周春光)

(本文编辑: 闫承杰)